

拘束リング試験による収縮低減剤のひび割れ抵抗性評価

その1 拘束リング試験での収縮低減剤の評価

(株)フローリック 正会員 ○熊本 光弘
 同 正会員 中川 好正
 同 正会員 西 祐宜
 北海道大学大学院 正会員 名和 豊春

1. 目的

コンクリート構造物の乾燥収縮ひび割れは、本来、収縮すべき材料が他部材および他材料に拘束されるために発生するひび割れである。収縮低減剤を用いた場合、既往の報告¹⁾では構造物へのひび割れ本数およびひび割れ幅が減少することが報告されている。しかしながら、収縮低減剤の混入に伴う若材齢強度の低下や細孔構造の変化はひび割れ抵抗性の低下という側面も併せ持っている。本実験では、収縮低減剤のひび割れ抵抗性を簡便に行える拘束リング試験により評価した。収縮抑制によるひび割れ応力(ひび割れが発生する応力)の低減とひび割れの耐力となる引張強度の両要素から、収縮低減剤のひび割れ抵抗性を確認した。

2. 実験概要

(1) リング試験

リング試験は、セメント硬化体の収縮を内円鋼管により拘束する試験である。内円鋼管の円周方向のひずみを測定することで、セメント硬化体の円周方向の収縮応力を計算することができる。ひび割れ試験方法としては比較的簡易であり、リング厚を変化させることで拘束度を調整できる。拘束率の算出や評価手順は、J.Weiss らが提案するモデル²⁾³⁾⁴⁾を参考とした。図-1に本試験に用いた供試体の平面図および断面図を示す。

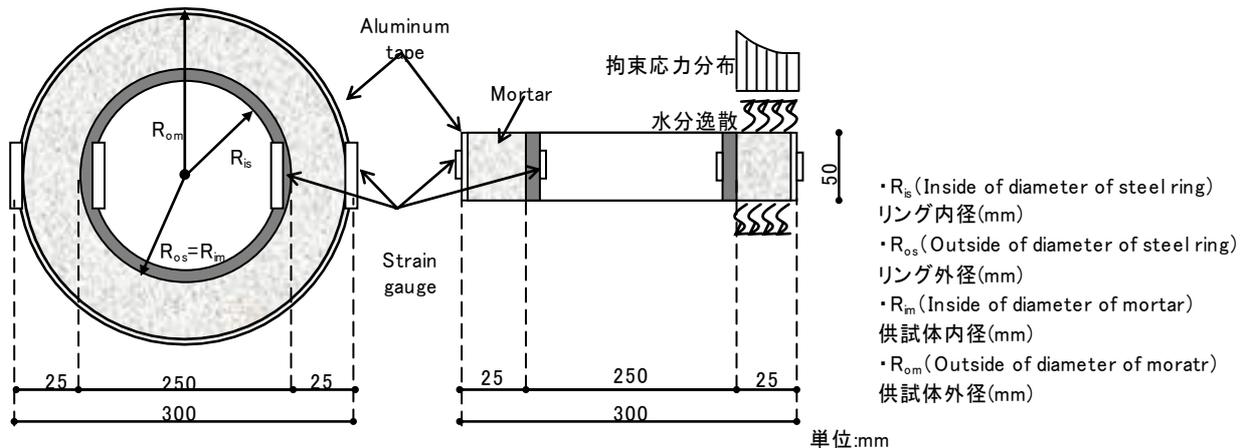


図-1 リング試験体平面図および断面図

拘束率の設定は、Weiss らによれば拘束率(Ψ)は式(1)で表せる。内円鋼管は JIS G 3445(STKM13A)適合品を使用した。本実験で設定した拘束率は、80.1%(6.8mm)、60.1%(2.6mm)の2水準とした。

$$\Psi = 1 - \frac{E'_m}{E_s} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{R_{is}}{R_{os}}\right)^2 \cdot (1 + \nu_m) \left(\frac{R_{om}}{R_{os}}\right)^2 + (1 - \nu_m)} \quad \text{式(1)}$$

$$\frac{E'_m}{E_s} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{R_{om}}{R_{os}}\right)^2 \cdot (1 + \nu_s) \left(\frac{R_{is}}{R_{os}}\right)^2 + (1 - \nu_s)}$$

E'_m :材料の静弾性係数(20000MPa)
 E_s :リングの静弾性係数(200000MPa)
 ν_m :材料のポアソン比(0.18)
 ν_s :リングのポアソン比(0.30)

(2) 使用材料および測定項目

使用材料は普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³), 掛川産山砂(密度:2.57 g/cm³, 吸水率:2.13%)を使用した。モルタルの配合は W/C=0.5, S/C=2.64, 目標空気量 7.0±1.0%(ロジンカリウム塩系 AE 剤で調整)とした。また、収縮低減剤(SRA)は、炭化水素系化合物およびグリコールエーテル系誘導体を主成分とする耐凍害性向上タイプを使用

キーワード 拘束リング試験, 乾燥収縮, ひび割れ, 収縮低減剤, 引張強度, 破壊応力

連絡先 〒300-2622 茨城県つくば市要 33-1 (株)フローリック コンクリート研究所 TEL 029-877-1945

した。リング試験の養生条件は、打設 24h 後に外枠を脱形し、外周面をアルミテープで封緘した。材齢 1W まで湿布養生を行い、20°C R.H.60%の環境で乾燥を開始した。また、内円鋼管を脱形した自由収縮試験体($\Psi=0\%$)は、内周面もアルミテープで封緘した。評価は AE モルタル(Blank)および SRA を C×1.124%, C×2.248%添加した 3 水準とした。本実験での水分逸散は供試体の上下面であり、図-1 に示すように供試体内部には応力分布(拘束率分布)が存在する。本実験での拘束率の定義は、リング外側-供試体内側の最も拘束率が高い箇所を指す。

3. 実験結果および考察

図-2 に自由収縮、図-3 にリング内側のひずみを示す。SRA の乾燥期間 28 日における収縮低減率は、SRA-1.124% で 38.7%, 2.248% で 65.9% である。図-3 から、拘束率が高いほど収縮は抑制され、早期に貫通ひび割れは発生する。SRA を添加した場合、リングひずみは低減するものの Blank と同程度のひずみ量で貫通ひび割れが発生している。貫通ひび割れの発生日数を図-4 に示す。拘束率が低く、SRA の添加率が高いほど、ひび割れ発生日数は延長する。拘束率 60% の SRA-2.248% に関しては貫通ひび割れが発生しなかった。また、拘束率 80% ではリングひずみ履歴が上下に振れている。この挙動は、微細なひび割れが常に発生していることを示唆している。微細クラックの画像を図-5 に示す。このような微細なひび割れが架橋した時に貫通ひび割れが発生するため、拘束率 80% は拘束率 60% よりも小さいリングひずみで貫通ひび割れが発生していると考えられる。補足として、図-6 にリングひずみと自由収縮から算出した拘束率を示す。概ね設定通りの拘束条件となっていることが確認できる。

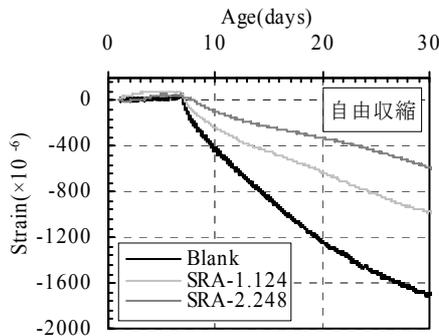


図-2 材齢と自由収縮ひずみの関係

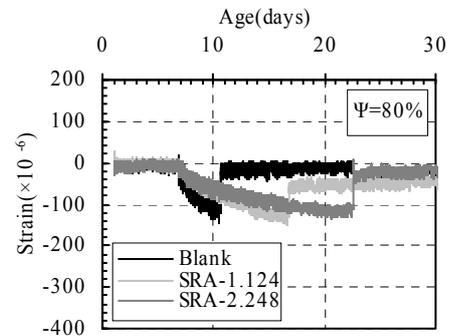
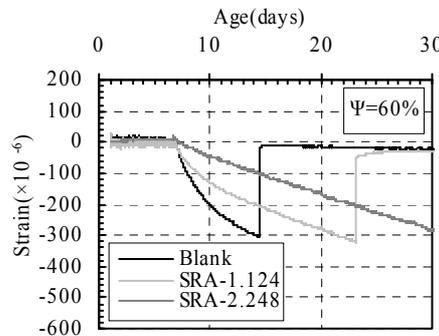


図-3 材齢とリング外側のひずみの関係

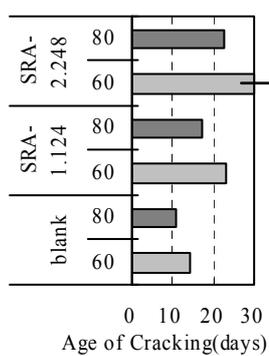


図-4 ひび割れ発生日数

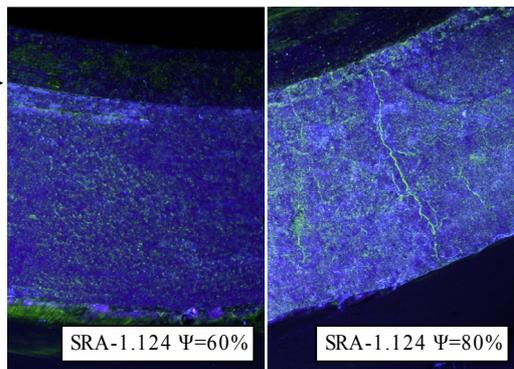


図-5 供試体表面画像

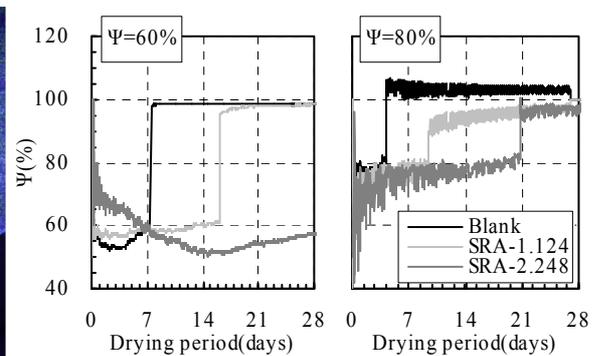


図-6 リングの拘束率

4. まとめ

収縮低減剤を添加することで、ひび割れ発生日数が延長し、ひび割れ抵抗性の向上が認められた。また、拘束リングのひずみから算出した拘束率は概ね設定通りの値となり、実験方法の妥当性が確認できた。

参考文献

- 1) 富田六郎, 田中智, 本堂文明, 竹中啓一: 混和材料の使用による RC 建築物のひび割れ低減効果, コンクリート工学, Vol.24, No.5, 1986.5
- 2) Weiss, W.J., Shah, S.P.: Restrained Shrinkage Cracking: the role of shrinkage reducing admixtures and specimen geometry, Materials and Structures, Vol.35, Mar.2002
- 3) W.J.Weiss, W. Yang, and S.P.Shah, INFLUENCE OF SPECIMEN SIZE/GEOMETRY ON SHRINKAGE CRACKING OF RINGS, JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS, pp.93-101, Jan.2000
- 4) A.B.Hossain, J.Weiss, The role of specimen geometry and boundary conditions on stress development and cracking in the restrained ring test, Cement and Concrete Research 36, pp.189-199, 2006